DESCRIPTION

D'UNE NOUVELLE BOUSSOLE PROPRE A OBSERVER LES MOUVEMENS DE ROTATION ET DE TRANSLATION DE L'AIGUILLE AIMANTÉE, ET EXPÉRIENCES FAITES AVEC CET INSTRUMENT,

PAR GEORGES BIDONE.

Approuvée par l'Académie Impériale des sciences, littérature et beaux-arts, le 28 novembre 1807.

---

1. La boussole que je propose, a pour objet de servir à l'observation des différences, qui peuvent avoir lieu entre l'action du Globe, et celle des autres causes, qui agissent sur l'aiguille aimantée. Lorsque le Globe agit seul sur l'aiguille, et que l'action des autres causes n'est pas sensible, Bouguer et Coulomb ont prouvé par des expériences décisives, que l'aiguille conserve le même poids qu'elle avait avant d'être aimantée ; que le fil qui la soutient, reste vertical, et que par conséquent les forces, qui dans ce cas sollicitent l'aiguille, ne produisent d'autre effet, que celui de la faire

tourner sur son point d'appui. Mais lorsqu'outre l'action du Globe, l'aiguille se trouve dans la sphère d'activité d'une masse de fer ou d'aimant, il y a de part et d'autre une véritable attraction ou répulsion, en sorte que si l'aiguille était parfaitement libre, elle prendrait effectivement un mouvement de translation pour s'approcher ou pour s'écarter de la masse: c'est ce que prouve l'expérience, par laquelle on voit qu'une aiguille aimantée, flottante sur la surface de l'eau tranquille, s'avance aussitôt vers une masse de fer ou d'aimant, pourvu que l'action en soit assez forte pour vaincre la résistance que l'adhésion des molécules de l'eau oppose au mouvement de l'aiguille.

2. Or, parmi les causes dont l'influence sur l'aiguille a été reconnue, ne pourrait-il pas y en avoir qui agissent par de véritables attractions ou répulsions, tout de même que la masse de fer dans l'expérience qu'on vient de rapporter? Ce qui paraît appuyer cette conjecture, ce sont les changemens subits et violens, qu'éprouvent assez souvent les aiguilles des boussoles ordinaires, et par lesquels elles s'écartent de plusieurs degrés de leur méridien magnétique. Si l'on avait donc une aiguille aimantée qui, en tournant librement sur son centre, pût aussi obéir au mouvement de translation, on pourrait connaître l'espèce d'action que chaque cause déploie sur l'aiguille aimantée avec la même précision que Bouguer et Coulomb ont reconnu celle du Globe.

Mais une semblabe aiguille est hypothétique, et ne peut servir que de terme de comparaison pour apprécier le degré de perfection de celles que nous sommes forcés d'y substituer. L'appareil que je propose est bien loin d'avoir le degré de sensibilité qui serait nécessaire pour reconnaître l'existence des forces, qui par leur petitesse peuvent échapper aux instrumens les plus sensibles : toutefois il me paraît suffisant pour remplir l'objet de ce Mémoire, et préférable à l'emploi d'une aiguille flottante sur l'eau, dont l'usage, par les inconvéniens qu'il présente, a été généralement abandonné.

Description de la nouvelle boussole (Pl. I.re, fig. 1.).

3. ABCD planche quarrée de bois, dont un des côtés, par exemple AB, doit coïncider avec le méridien terrestre.

x y z cylindre creux pratiqué dans cette planche pour y placer les pièces qui composent la boussole.

MTLQ cercle gradué fait sur le bord du cylindre creux, et dont le centre est en O.

O, pivot vertical fixe, placé au centre du cercle précédent.

VX flêche de laiton, qui peut tourner, au moyen d'une chape, sur le pivot O. Je l'appelerai dans la suite tout simplement *flêche*.

P contre-poids, qu'on peut faire glisser, au moyen d'une vis en V, le long de OV, pour équilibrer les deux bras de la flêche VX.

FGH demi-cercle gradué, dont le centre K est fixe sur la branche OX, et dont le diamètre FH est perpendiculaire à la flèche d'une manière invariable dans tous les mouvemens de rotation de la flèche.

K pivot vertical, qui coïncide avec le centre du demi-cercle précédent.

NS aiguille aimantée placée sur le pivot K, autour duquel elle est mobile. Sa longueur est un peu moindre que le diamètre FH. Dans la suite je l'appelerai simplement *aiguille*.

Dans la figure 2.e on voit la coupe de la boussole faite sur la ligne QT.

Pour défendre la flèche et l'aiguille des agitations que pourraient leur causer les courans d'air, on adapte sur les bords supérieurs de la pièce ABCD un chassis auquel est ajustée une plaque de verre. Vers le milieu de cette plaque on a appliqué une fourchette, qui entre dans la boussole, et dont on se sert pour mouvoir ou arrêter la flèche VX selon le besoin.

Le pivot O n'a que la pointe qui soit d'acier, le reste est de laiton, pour qu'il n'ait pas d'action sensible sur l'aiguille.

4. Lorsque la boussole sera orientée, et que la flèche et l'aiguille seront en équilibre, on aura facilement l'angle de l'aiguille avec le méridien terrestre : ainsi en supposant que la fig. 1.re représente la boussole orientée, de sorte que QT (parallèle à AB) soit la méridienne terrestre, et qu'on dérange la flèche

de la position qu'elle a dans la figure, on trouvera la déclinaison de l'aiguille de la manière suivante. Soit α l'angle que la flèche marquera sur son cercle, l'origine des α étant en T, et en les comptant positifs de T vers L; pareillement soit β l'angle, que le pôle boréal N * de l'aiguille marquera sur son demi-cercle, l'origine des β étant en H, et en les comptant positifs de H vers G, on aura, en appelant D la déclinaison de l'aiguille,

$$D = \frac{\pi}{2} - \alpha - \beta$$

π étant la demi-circonférence, et en supposant que le point T soit le nord de la méridienne QT.

5. Il est maintenant facile, d'après la construction de cette boussole, d'en voir l'usage. En effet il est clair, que l'aiguille, tout de même que dans les boussoles ordinaires, peut se mouvoir librement autour de son centre sur son pivot, comme si celui-ci était fixe; mais à son tour le pivot lui-même peut se mouvoir au moyen de la flèche mobile, et transporter l'aiguille; c'est en quoi consiste toute la différence entre les boussoles ordinaires, et celle que je viens de décrire. Il en résulte, que si l'action des météores et des autres

---

* On nomme ici, et dans la suite, d'après plusieurs physiciens, pôle *boréal* ou pôle *nórd* celui qui, dans une aiguille librement suspendue, est tourné, dans notre hémisphère, vers le midi du globe, et pôle *austral*, ou pôle *sud* celui qui est tourné vers le nord du globe.

causes, qui dérangent l'aiguille, tend aussi à lui imprimer un mouvement de translation, le mouvement de la flêche le fera connaître. Car en supposant la force d'attraction ou de répulsion appliquée au pivot de l'aiguille, on pourra la décomposer en deux autres, l'une parallèle à la flêche, et qui sera détruite par son pivot immobile; l'autre perpendiculaire à la flêche, et qui par conséquent la fera tourner sur son pivot, et l'on connaîtra par-là, que la force qui avait d'abord dérangé l'aiguille, était en outre capable de lui imprimer un mouvement de translation.

6. Ce mouvement aura lieu toutes les fois, que le moment de la force perpendiculaire à la flêche sera plus grand que le moment du frottement, qu'éprouve la chape de la flêche: mais lorsque le premier moment sera égal ou plus faible que le second, la flêche ne prendra aucun mouvement. Partant la boussole remplira d'autant mieux son objet, qu'elle sera plus sensible. Ainsi à mesure que les pièces, que le pivot fixe de la flêche supporte, seront plus légères, on diminuera de plus en plus le frottement, qui deviendra encore moindre en employant des chapes d'agathe ou de grenat, et en donnant l'angle le plus convenable à la pointe du pivot. (*Mémoire de M.r* COULOMB *imprimé dans le volume pour l'an* 1790 *de l'académie des sciences de Paris.*)

Pour ce qui regarde l'objet principal de ce Mémoire, on peut supprimer le demi-cercle gradué de l'aiguille,

ainsi que je l'ai fait dans les expériences que je rapporterai plus bas, et rendre par-là l'appareil beaucoup plus léger, car le mouvement de la flèche suffit pour indiquer le mouvement de translation de l'aiguille (*voyez la fig. 4.ᵉ où la boussole est représentée en perspective*).

7. On peut ici observer, que le frottement que souffre la chape de la flèche, lorsque l'aiguille est attirée, n'est pas seulement causé par le poids, que le pivot soutient ; mais encore par la pression de la force parallèle à la flèche, pression qui agit sur la paroi de la chape opposée à la direction de la force. Cette remarque est d'autant plus essentielle en ce que la pression qui produit cette partie de frottement est, dans le cas dont il s'agit, inconnue.

C'est peut-être au défaut de cette remarque, qu'on peut attribuer le peu de succès des expériences, que plusieurs physiciens ont faites pour examiner l'action du fer ou de l'aimant sur les aiguilles aimantées, car ils négligeaient la partie de force, qui agissait sur le pivot de l'aiguille, et par suite le nouveau frottement qu'éprouvait la chape, frottement qu'on ne pouvait pas supposer constant, comme celui causé par le poids de l'aiguille, mais qui était variable selon les diverses distances des masses de fer ou d'aimant à l'aiguille. Telles sont les expériences faites par HAUKSBÉE et par TAYLOR pour connaître la force de l'aimant à différentes distances sur l'aiguille aimantée. LAMBERT a fait de semblables expériences (*tom.*

22. *de l'académie de Berlin*), et n'ayant pas tenu compte de l'action de l'aimant sur le pivot de l'aiguille, il est clair que les courbes qu'il a tracées, ne représentent pas seulement les diverses actions de l'aimant à mesure de ses distances, mais aussi les divers degrés de frottement qu'éprouvait la chape de l'aiguille à mesure que la distance de l'aimant venait à changer. Il résulte donc que dans toutes ces expériences les angles de déclinaisons n'étaient pas seulement dûs à l'intensité de la force qui dérangeait l'aiguille, mais encore à la grandeur du frottement que la chape de celle-ci éprouvait dans chaque expérience.

8. D'après ce qui vient d'être dit, il pourrait paraître, que la meilleure manière de remplir l'objet de ce Mémoire, serait de se servir de l'excellente boussole imaginée par M. Coulomb pour observer les variations diurnes de l'aiguille, car elle est sans contredit préférable à toutes celles dont on se sert ordinairement; mais elle ne paraît pas propre à l'objet que je me suis proposé. Car, 1.° il peut se faire que l'action d'attraction ou de répulsion qu'on veut reconnaître soit instantanée, et alors le fil de suspension de la boussole de M. Coulomb reprendra aussitôt la position verticale, de sorte que si l'observateur n'est pas présent au changement de position du fil, il ne pourra nullement s'en apercevoir. 2.° Si même les actions sus-énoncées étaient continuées pendant quelque tems, et que l'observateur s'y trouvât présent, il n'aurait pas toutefois l'avan-

tage de mesurer le degré de ces changemens, à cause que les graduations pour les déviations du fil manquent, et celles de l'aiguille ne pourraient plus servir, car, dans ce cas, les centres de l'aiguille et du cercle gradué ne coïncideraient plus. 3.° Dans la boussole que j'ai imaginée, les forces d'attraction ou de répulsion ne doivent vaincre que l'inertie des pièces qui la composent, et le frottement de la chape de la flèche, leur poids étant toujours soutenu par le pivot fixe de celle-ci : au contraire dans la boussole de M.r Coulomb les mêmes forces, pour faire dévier le fil de la verticale, doivent soutenir une partie du poids de l'aiguille, ce qui, par rapport à notre objet, en diminue considérablement la sensibilité, ainsi que je m'en suis assuré par l'expérience. Au reste je ne doute nullement, qu'à la boussole que j'ai décrite, on n'en puisse substituer d'autres, dont la construction soit plus avantageuse. Ce que je viens de dire sur celle de M.r Coulomb, avait pour but de faire voir qu'elle a, par sa forme, une destination tout-à-fait différente.

9. J'ai dit au numéro 5, que si l'action des météores sur l'aiguille tend aussi à lui imprimer un mouvement de translation, ce sera la flèche de laiton qui le fera connaître. Or si les météores agissaient aussi sur la flèche de laiton pour lui donner un mouvement de rotation, on ne pourrait pas démêler l'espèce d'action que les météores exercent sur l'aiguille aimantée. M.r Vanswinden en voyant que

l'électricité atmosphérique et les aurores boréales ont une influence très-marquée sur les changemens de l'aiguille, soupçonna que les mêmes actions pouvaient peut-être aussi se déployer sur une lame de laiton dépourvue de tout magnétisme. Mais il s'assura par l'expérience (*Savans étrangers tom.* 8 *recherches sur l'aiguille aimantée* 2.e *partie* §. 204) que les aurores boréales, et l'électricité n'impriment aucun mouvement aux lames de laiton, et par conséquent leur effet sur la flêche n'est pas à craindre.

10. Il paraît donc que les usages de la nouvelle boussole peuvent être les suivans :

1.° Elle peut faire connaître l'espèce de mouvement que les divers météores impriment à l'aiguille aimantée, ce qui se rapporte principalement à la foudre et aux aurores boréales, dont les actions sur l'aiguille sont certaines et très-sensibles ;

2.° Si l'instrument est assez sensible, il pourra faire connaître s'il y a dans le voisinage des endroits, où l'on observe la déclinaison de l'aiguille, des masses de fer, qui en puissent altérer la vraie déclinaison ;

3.° Cet appareil sert encore à reconnaître avec facilité et avec promptitude, 1.° le degré de saturation d'une aiguille : 2.° quelle est, parmi plusieurs aiguilles données, celle qui a le plus grand degré de magnétisme : 3.° entre plusieurs barreaux aimantés, celui qui a le plus de force, etc. ;

4.° On peut enfin, avec le même instrument,

rectifier plusieurs expériences sur la quantité d'action qu'exercent des masses d'aimant ou de fer sur l'aiguille, à mesure qu'elles en sont à diverses distances, puisque dans ce genre d'expériences l'action de ces masses sur le pivot de l'aiguille est toujours assez considérable, et ne peut pas être négligée.

Tels sont les principaux usages de la nouvelle boussole, qui s'y adaptera d'une manière d'autant plus avantageuse, qu'elle sera plus parfaite. Quels que soient les résultats, que feront connaître des expériences et des observations suivies avec cet instrument, ils seront toujours utiles aux physiciens, soit pour fixer nos idées sur quelques points douteux du magnétisme, soit pour avoir d'une manière plus précise les indications des aiguilles aimantées.

Expériences faites avec le nouvel appareil.

11. Ayant fait exécuter la boussole que j'ai décrite au num. 3, j'ai d'abord entrepris de vérifier la loi que suivent les forces magnétiques, lorsqu'elles agissent par attraction, et qu'elles impriment un mouvement de translation aux corps qu'elles attirent. A la vérité les expériences de M. Coulomb ne laissent plus de doute, que ces forces ne suivent la raison inverse du carré des distances: mais la simplicité de l'appareil, la facilité avec laquelle il se prête à ce genre d'expériences, et l'importance de la loi dont il s'agit, m'ont déterminé à la

confirmer par de nouvelles expériences que j'ai entreprises d'autant plus volontiers, qu'elles sont propres à faire connaître cette loi dans le cas, où un barreau aimanté immobile en attire en ligne droite un second qui est parfaitement libre de se porter par un mouvement de translation vers le premier barreau.

12. Pour éviter les répétitions, et pour faciliter l'intelligence de ce qui va suivre, je donnerai avant tout les dimensions de l'appareil et des barreaux dont je me suis servi. L'appareil est représenté en perspective dans la *fig.* 3.me, où l'on voit que l'aiguille NS n'est pas garnie de demi-cercle, car il était inutile pour les expériences que je voulais faire. Le pivot Rm de l'aiguille est mobile le long de la flêche CR, et peut prendre des positions quelconques R$'m'$, R$''m''$, etc., de même que le contre-poids P, qu'on peut faire glisser le long de CE. A l'extrémité E de la flêche j'ai fait ajuster horizontalement, et sur le prolongement de l'axe de la flêche, la pièce EF de laiton, dont on verra bientôt l'usage.

La longueur de l'aiguille NS était de 103 millimètres d'une extrémité à l'autre. Ses pôles se trouvaient à très-peu-près à la distance de 45 millimètres de son centre ; elle pesait 594 milligram.

La plus grande distance CR au centre C que pouvait avoir le pivot Rm de l'aiguille, était de 108 $\frac{1}{2}$ millimètres. J'ai nommé l cette distance dans les tableaux des expériences.

Le poids total que supportait le pivot CH, y compris le poids de l'aiguille NS, était de 6gram., 597.

Les barreaux aimantés dont j'ai fait usage, sont les suivans: 1.° petit barreau cylindrique de 150 millim. de longueur, et de 2 millim. d'épaisseur; 2.° autre barreau cylindrique de 330 millim. de longueur et de 2 ½ millim. d'épaisseur. Les pôles de ces barreaux étaient à une petite distance de leurs extrémités; 3.° grand barreau représenté en N″S″ formé par l'assemblage de douze lames. Il appartient au cabinet de physique de l'Université, et m'a été fourni par M. Vassalli-Eandi, ainsi que quelques autres objets relatifs à ces expériences. La longueur de ce barreau est de 614 millim. La face de la petite extrémité en N″ est un rectangle de 20 millim. de largeur sur 9 de hauteur: La face opposée en S″ a 60 millim. de largeur sur 12 de hauteur. Le pôle N″ était à 16 millim. de l'extrémité du barreau.

Je me fais ici un devoir et un plaisir de témoigner ma reconnaissance à M. Vassalli-Eandi, qui, aux autres marques d'intérêt, a bien voulu joindre celle de voir mes procédés; ainsi qu'à MM. Carena, Correspondant de l'Académie, et Brunati, Ingénieur hydraulicien qui ont eu la complaisance de m'aider dans ces expériences.

13. Avant de commencer ces expériences, je disposais la boussole de sorte que lorsque l'aiguille NS était dans son méridien magnétique, elle formait avec la

flêche un angle droit. Je plaçais vis-à-vis de la pièce EF un fil de laiton AB, vertical et mobile autour de son point de suspension, de sorte que lorsque la flêche marquait zéro sur son grand cercle gradué, ce fil qui avait dans ce cas la position verticale AD, ne faisait que toucher EF vers son milieu dans une rainure *u* faite expressément pour recevoir le fil AB, et pour l'empêcher de glisser vers E ou vers F, lorsque la flêche LF venait en tournant à le soulever.

14. Après cela, pour procéder aux expériences comparatives, je plaçais verticalement le petit barreau aimanté S'N' vis-à-vis de l'aiguille NS et dans le méridien magnétique de celle-ci, de manière que les pôles amis S et N' de l'aiguille et du barreau se trouvaient sur la même ligne horizontale SN', qui était la méridienne même de l'aiguille. Le barreau étant ainsi disposé, je l'avançais lentement, au moyen du support T, vers l'aiguille, jusqu'à ce que l'extrémité L de la flêche (en vertu de l'attraction réciproque du barreau et de l'aiguille) parvenait, par exemple, sur les 4°, et qu'elle s'y arrêtait d'une manière immobile. Alors je mesurais avec soin la distance entre le pôle N' du barreau et le pôle S de l'aiguille.

Ensuite je faisais couler le pivot R*m* de l'aiguille sur un autre point R'*m'* de la flêche, dont la distance au centre C était connue, et en transportant aussi le barreau sur la nouvelle méridienne de l'aiguille, je l'avoisinais du pôle de celle-ci, jusqu'à ce que l'extré-

mité L de la flèche vînt encore, comme dans l'expérience précédente, sur le même degré 4°, et ainsi de suite pour les autres expériences, dans lesquelles le centre de l'aiguille était successivement en m'', m''', etc.

Ces expériences successives, faites avec le même barreau, et en faisant parcourir à la flèche le même nombre de degrés, s'achevaient dans l'intervalle d'une heure à une heure et demie; ainsi elles ont été faites, autant que possible, dans les mêmes circonstances, et forment une suite d'expériences comparatives entre elles. La même chose avait lieu pour les expériences de chaque suite, quoique les circonstances d'une suite à l'autre pussent être variables.

15. D'après ce procédé, il est aisé de voir que, lorsque la flèche marquait 4°, elle soulevait de l'autre côté le petit pendule de laiton AB, de manière que l'équilibre de la flèche dans cette position était dû aux attractions réciproques du barreau et de l'aiguille, et à la résistance du pendule AB, dont une partie du poids tendait à ramener la flèche LCF à sa position primitive L'CV, et à faire reprendre au pendule lui-même la position verticale AD.

Or, puisque dans chaque expérience d'une même suite, les attractions réciproques de l'aiguille et du barreau transportaient constamment la flèche sur le même degré, le moment de la résistance qui leur faisait équilibre, était constant, et par conséquent l'étaient aussi, pour toutes les expériences d'une même suite,

ceux des forces magnétiques. En nommant donc R le moment constant de la résistance par rapport au centre C de mouvement; f', f'', f''', etc. les actions réciproques des pôles S et N′ de l'aiguille et du barreau; l', l'', l''', etc. les bras de levier CR, CR′, CR″, etc. du centre de l'aiguille par rapport au même point C, on aura pour l'équilibre dans les expériences successives

$$f'\ l' = R$$
$$f''\ l'' = R$$
$$f'''\ l''' = R, \text{ etc.}$$

et par conséquent

$$f' : f'' :: l'' : l'$$
$$f' : f''' :: l''' : l'$$
$$f'' : f''' :: l''' : l'', \text{ etc.}$$

16. Dans ces proportions les quantités l', l'', l''', etc. sont données immédiatement par l'expérience, et servent, comme l'on voit, à déterminer les rapports des forces f', f'', f''', etc. Ces forces, quelle qu'en soit la nature, dépendent des densités magnétiques du barreau et de l'aiguille, et de la distance entre les deux pôles qui s'attirent. Mais les densités magnétiques restant sensiblement les mêmes pour une même suite d'expériences, dont la durée ne passait pas deux heures, il est évident, que dans la comparaison des forces f', f'' f''', etc., il suffit d'avoir égard à la distance, à laquelle ces forces agissaient. C'est pourquoi si l'on nomme x', x'', x''', etc. les distances des pôles S et N′ de l'aiguille et du barreau

données par chaque expérience d'une même suite, et $\varphi(x)$ une fonction quelconque de x, on aura

$$f' : f'' :: \frac{1}{\varphi(x')} : \frac{1}{\varphi(x'')}$$

$$f' : f''' :: \frac{1}{\varphi(x')} : \frac{1}{\varphi(x''')}$$

$$f'' : f''' :: \frac{1}{\varphi(x'')} : \frac{1}{\varphi(x''')}, \text{ etc.}$$

en mettant la fonction φ dans le dénominateur, ce qui est indifférent, sa forme n'étant pas encore supposée connue.

En adoptant pour $\varphi(x)$ la forme x^n, on aura, pour en déduire n, les équations suivantes :

$$n = \frac{\log. l' - \log. l''}{\log. x' - \log. x''};$$

$$n = \frac{\log. l' - \log. l'''}{\log. x' - \log x'''};$$

$$n = \frac{\log. l'' - \log. l'''}{\log. x'' - \log x'''}; \text{ etc.}$$

17. Telles sont les valeurs de l'exposant n tirées des expériences précédentes, lorsqu'il n'y a pas d'action étrangère à celle des deux pôles S et N′ l'un sur l'autre; c'est-à-dire lorsque parmi les quatre pôles N, S, N′, S′, il n'y a que les deux pôles plus voisins S, N′, dont l'action réciproque soit sensible. Les expériences des six premières suites (voyez les tableaux) faites avec de petits barreaux placés verticalement dans le méri-

dien de l'aiguille, sont dans ce cas. Car 1.° la force magnétique de ces barreaux était peu considérable, et ne produisait plus de mouvement de translation à l'aiguille, lorsque le pôle N′ des barreaux était éloigné d'un décimètre environ du pôle S de l'aiguille; 2.° la grande distance et obliquité d'action du pôle supérieur des barreaux sur les deux pôles de l'aiguille, comparativement à leur pôle inférieur, conspiraient encore à rendre insensible l'effet du premier pôle sur l'aiguille; 3.° la distance NN′ était dans la plupart de ces expériences assez grande pour que les deux pôles N,N′ fussent hors de leurs sphères respectives d'activité. Dans les expériences, où cette distance pouvait se trouver dans ces sphères d'activité, NN′ était plusieurs fois plus grande que la distance SN′, ce qui rendait l'action réciproque des pôles N,N′ très-peu considérable par rapport à celle des pôles S et N′; 4.° enfin l'uniformité des résultats du N.° suivant, qu'on obtient, en n'ayant égard qu'à l'action réciproque des pôles S et N′, met hors de doute, que l'action des autres pôles était insensible dans les expériences dont il s'agit.

18. En appliquant donc les formules précédentes aux expériences que je viens de citer, on trouve pour *n* un nombre constant, et dont la valeur moyenne est à très-peu-près égale à deux. On a cette valeur en comparant deux à deux les expériences de chacune des six premières suites. Ces suites contiennent 32 expériences, qui en comparant deux à deux celles qui ap-

partiennent à une même suite, fournissent 72 comparaisons, ou valeurs de n, parmi lesquelles neuf ont été rejetées, parce qu'elles s'écartent d'un dixième, ou plus de la valeur moyenne des autres. Il en résulte donc, que les attractions magnétiques que l'on considère ici, c'est-à-dire celles, par lesquelles un aimant peut soutenir un poids à une certaine distance, suivent la raison inverse du carré de la distance.

19. On a encore $n=2$, en appliquant les mêmes formules du num. 16 aux expériences des suites 7, 8, 9, 10 et 11 faites avec un grand barreau placé horizontalement sur la méridienne de l'aiguille, et représenté en N″S″ dans la fig. 3.ᵉ L'action de ce barreau sur l'aiguille était au moins cinquante fois plus grande que celle des petits barreaux employés dans les autres expériences. Je donnais à ce barreau la position horizontale, de sorte que son pôle sud se trouvait à une distance de l'aiguille plus grande que la longueur du barreau, et telle que l'aiguille restait hors de la sphère d'activité de ce pôle. Les expériences faites avec ce barreau sont au nombre de 23, réparties sur cinq suites, et donnent 42 comparaisons, en comparant deux à deux les expériences qui appartiennent à une même suite. Parmi ces comparaisons, trois ont été rejetées, parcequ'elles s'écartent sensiblement de la moyenne des autres.

20. En comparant les distances, auxquelles le pôle nord de ce barreau agissait sur le pôle sud de l'aiguille,

aux mêmes distances augmentées de la longueur de l'aiguille, il parait que l'action du pôle nord du barreau devait s'étendre sur les deux pôles de l'aiguille, et qu'ainsi pour avoir la valeur de l'exposant n, il aurait fallu faire entrer dans la formule, outre l'attraction du pôle nord du barreau sur le pôle sud de l'aiguille, la répulsion du pôle nord du barreau sur le pôle nord de l'aiguille. C'est ce que j'ai fait en premier lieu, en calculant ces expériences, mais toutes les comparaisons que j'ai faites, m'ont donné pour n des valeurs variables, et très-différentes les unes des autres. Au contraire lorsque j'ai employé tout simplement les formules du num. 16 et que je n'ai pas eu égard à la répulsion du pôle nord du barreau sur le pôle nord de l'aiguille, j'ai obtenu pour n des valeurs constantes, et égales à celles données par les expériences faites avec de petits barreaux.

21. Il parait donc résulter des deux numeros précédens que lorsque un barreau aimanté et de figure rectiligne, est placé horizontalement dans la méridienne d'une aiguille, l'action réciproque du barreau et de l'aiguille est seulement due aux deux pôles plus voisins du barreau et de l'aiguille, quoique l'action du pôle du barreau puisse atteindre une distance beaucoup plus considérable, que celle où se trouve l'autre pôle de l'aiguille. L'explication de ce fait dépend de la nature du fluide magnétique, et de sa manière mécanique d'agir, sur quoi on n'a pas encore des notions sûres et satis-

faisantes: ainsi je n'entrerai dans aucun détail à cet égard. Je noterai seulement, que dans les expériences, dont il s'agit, la force du barreau était telle, que les axes du barreau et de l'aiguille se trouvaient toujours exactement sur la même ligne horizontale, et que de plus l'aiguille était trop déliée, pour que son pôle nord pût recevoir d'action oblique ou latérale; de sorte que si l'on suppose que les forces magnétiques, en partant du pôle comme de leur centre, s'étendent en lignes droites, comme les rayons d'une sphère, le barreau ne pouvait agir sur le pôle nord de l'aiguille, que par le même filet de rayons, qui agissait auparavant sur le pôle sud de la même aiguille. Il est facile de voir, d'après cette observation, qu'il y a une différence considérable entre ce qui se passe dans mes expériences, et ce qui a lieu lorsque l'axe du barreau est oblique à l'axe de l'aiguille, ou bien lorsqu'on fait osciller l'aiguille en présence du barreau, car dans ces derniers cas les deux pôles de l'aiguille reçoivent des rayons distincts d'action provenant du barreau.

22. Le fait que je viens de remarquer, m'a fait naître l'idée de m'assurer, s'il y avait quelque différence entre l'action d'un aimant sur une aiguille placée dans sa sphère d'activité, lorsque l'aimant était chargé, et lorsqu'il ne l'était pas, toutes les autres circonstances restant d'ailleurs les mêmes. Pour cela, j'ai suspendu un bassin vide aux pieds de l'armure d'un aimant, et

j'ai mis sur une table au-dessous du bassin une aiguille de boussole, mobile sur son pivot.

L'axe de l'aiguille, par l'action de l'aimant, se disposait presque parallèlement à la ligne des pôles de l'aimant, et était à-peu-près dans le même plan vertical.

Cela posé, et le bassin étant vide, je faisais osciller l'aiguille, jusqu'à ce qu'elle s'arrêtât naturellement, et qu'elle reprît sa position primitive. Je comptais le nombre des oscillations qu'elle faisait avant de s'arrêter, et le temps employé au moyen d'un pendule; ensuite, sans altérer les autres circonstances, je chargeais le bassin d'une pièce de plomb du poids de 415 grammes, et j'observais d'abord s'il survenait quelque changement à la direction de l'aiguille, et puis je la faisais osciller et je mesurais le tems de la même manière que j'avais fait, lorsque le bassin était vide.

Le poids que pouvait soutenir l'aimant dans le bassin, aurait pu être porté à 500. grammes; mais pour cela j'aurais dû le charger petit-à-petit à plusieurs reprises, ce qui aurait apporté trop de longueurs aux expériences; ainsi j'ai préféré de le charger seulement du poids sus-énoncé, ce que je faisais tout d'un coup.

Les résultats suivans sont les moyens entre ceux que j'ai obtenus, en répétant plusieurs fois chaque expérience.

DISTANCE de l'aiguille aux pieds de l'armure.	BASSIN VIDE.		BASSIN CHARGÉ	
	NOMBRE des oscillations de l'aiguille.	NOMBRE des oscillations du pendule.	NOMBRE des oscillations de l'aiguille.	NOMBRE des oscillations du pendule.
128 millim.	15 $\frac{1}{6}$	62 $\frac{2}{3}$	15 $\frac{2}{3}$	64
270	12 $\frac{1}{2}$	57 $\frac{1}{3}$	12 $\frac{1}{3}$	57 $\frac{2}{3}$

Ces expériences que je ne donne ici que comme un aperçu, font voir qu'aux distances où elles ont été faites, il n'y a pas de différence sensible entre le nombre et la durée des oscillations de l'aiguille, soit lorsque l'aimant est chargé, soit lorsqu'il ne l'est pas. De plus je n'ai remarqué aucun changement dans la direction de l'aiguille dans les deux cas.

Ces résultats paraissent intéressans en ce qu'ils peuvent fournir des lumières sur la nature du fluide magnétique et sur sa manière d'agir; et sous ce rapport il serait utile de faire un plus grand nombre d'expériences assorties à l'objet dont il est question.

23. La loi de la raison inverse du carré des distances, que suivent les attractions magnétiques, a lieu de la plus grande distance, où elles commencent à être sensibles, jusqu'aux petites distances où elles sont très-

fortes. C'est ce qui résulte évidemment des cinq dernières suites d'expériences faites avec un grand barreau dont la force aimantaire était très-considérable. On voit dans ces suites, que la plus grande distance à laquelle on ait placé le pôle attirant du barreau, est de 280 millimètres (expériences 1.re de la suite 11.me); et la moindre distance est de 65 millimètres (expériences V de la suite 7.me); or, pour ces distances, et pour les intermédiaires, la loi dont il s'agit, a lieu avec la même exactitude.

On peut faire des remarques semblables sur les suites 3, 4, 5 et 6 faites avec un même barreau. En général on voit, à l'inspection des tableaux des expériences, que la loi de la raison inverse du carré de la distance, a lieu pour les expériences faites à de petites distances, aussi bien que pour celles faites à des distances beaucoup plus considérables.

Il en suit donc, que cette loi est vraiment celle de la nature, et qu'elle a lieu dans tout l'intervalle, où l'attraction magnétique est sensible.

Explication des Tableaux.

24. Ces tableaux contiennent en tout 55 expériences réparties sur onze suites. Il n'y a qu'une suite qui ait sept expériences, les autres en ont un plus petit nombre. La cause en est, que la longueur de CR (*fig.* 3.) n'arrivait pas à 11 centimètres, ainsi pour espacer

convenablement les bras de levier entr'eux, j'étais obligé de faire seulement quatre à six expériences pour chaque suite. Au reste on peut augmenter les dimensions de l'appareil de manière que chaque suite puisse embrasser commodément douze à quinze expériences.

La première colonne est claire par elle-même.

Dans la seconde colonne on voit les bras de levier, qu'avait le centre de l'aiguille dans chaque expérience, c'est-à-dire les distances CR, CR', CR", etc. (*fig.* 3) auxquelles on transportait successivement le pivot de l'aiguille, pour lui donner divers bras de levier par rapport au centre C de mouvement.

La troisième colonne contient les forces comparatives, qui résultaient dans chaque expérience de l'action réciproque du barreau et de l'aiguille. Ces forces sont entre elles en raison inverse des bras de levier de l'aiguille; car le moment de la résistance étant constant dans une même suite, il est clair, que si l'on prend pour unité la force magnétique qui fait équilibre à la résistance, lorsque l'aiguille a l pour bras de levier, il faut une force double de la précédente, pour qu'elle fasse, avec le bras de levier $\frac{l}{2}$, équilibre au même moment de la résistance.

La quatrième colonne contient les distances observées du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille. Chacune de ces distances est la moyenne entre celles, qu'on obtenait en répétant plusieurs fois la même expérience.

La cinquième colonne présente toutes les valeurs de l'exposant n, qu'on obtient en comparant deux à deux les expériences de chaque suite.

Dans la sixième colonne on voit la moyenne entre les valeurs précédentes de n.

La dernière colonne contient les distances du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, calculées dans l'hypothèse de $n=2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience de chaque suite. En comparant ces distances à celles de la quatrième colonne, données par l'expérience, on voit que les différences en sont très-petites, et qu'elles tombent dans les limites des erreurs, dont ces expériences sont susceptibles.

TABLEAUX DES EXPÉRIENCES.

1.re SUITE.

Expériences faites avec un petit barreau aimanté cylindrique de 150 millimètres de longueur, et de 2 millimètres d'épaisseur, placé verticalement dans le plan du méridien de l'aiguille.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.					VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
I.	(1) l	1	millim. 30							millimètres. 30
II.	$\frac{1}{2}l$	2	21	1,943						21,21
III.	$\frac{1}{3}l$	3	17,5	2,038	*2,224				2,016	17,32
IV.	$\frac{1}{4}l$	4	15	2,000	2,060	1,866				15
V.	$\frac{1}{5}l$	5	13,5	2,016	2,074	1,968	2,118			13,42
VI.	$\frac{1}{6}l$	6	12,5	2,047	2,117	2,060	*2,224	*2,369		12,25

(1) $l = CR$ est le plus grand bras de levier que pouvait avoir l'aiguille. Voyez la fig. 3.e

Note générale. Les valeurs de n cotées par l'étoile * ont été omises dans le calcul de la moyenne de cet exposant, parce qu'elles s'écartent plus d'un dixième de la moyenne des autres.

2.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent placé de la même manière. (1)

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de d'aiguille, données par l'expérience,	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.				VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.						millimètres
I.	$\frac{5}{6}\,l$	1, 2	27						27
II.	$\frac{2}{3}\,l$	1, 5	24	1, 895					24, 15
III.	$\frac{1}{2}\,l$	2	21	2, 033	2, 154			1, 993	20, 91
IV.	$\frac{1}{3}\,l$	3	17	1, 981	2, 010	1, 919			17, 08
V.	$\frac{1}{6}\,l$	6	12	1, 985	2, 000	1, 963	1, 990		12, 07

(1) *Remarque générale.* Quoique plusieurs suites d'expériences aient été faites avec le même barreau, placé de la même manière, toutefois on ne peut pas comparer les expériences d'une suite avec celles d'une autre : car, outre que les différentes suites ont été faites en différens jours et à des heures différentes, on changeait aussi quelquefois la résistance d'une suite à l'autre, en la conservant constante pour la même suite. Ainsi les seules expériences d'une même suite sont comparables entre-elles.

3.e SUITE.

Expériences faites avec un petit barreau aimanté cylindrique de 330 millimètres de longueur, et de 2 ½ millimètres d'épaisseur, placé verticalement dans le plan du méridien de l'aiguille.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.						VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.								millimètres.
I.	l	1	28,75								28,75
II.	$\frac{5}{6} l$	1,2	26,25	2,004							26,25
III.	$\frac{2}{3} l$	1,5	23,50	2,011	2,016						23,47
IV.	$\frac{1}{2} l$	2	20,50	2,049	2,066	2,106				2,007	20,33
V.	$\frac{1}{3} l$	3	16,50	1,978	1,974	1,960	1,868				16,60
VI.	$\frac{1}{4} l$	4	14,50	2,025	2,029	2,031	2,002	*2,226			14,37
VII.	$\frac{1}{6} l$	6	11,75	2,002	2,002	2,000	1,974	2,042	*1,582		11,74

4.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent, placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.				VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.						millimètres.
I.	l	1	45, 25						45, 25
II.	$\frac{2}{3} l$	1, 5	36, 60	1, 911					36, 95
III.	$\frac{1}{2} l$	2	32, 50	2, 094	* 2, 421			1, 978	32
IV.	$\frac{1}{3} l$	3	26, 33	2, 029	2, 105	1, 926			26, 13
V.	$\frac{1}{4} l$	4	22, 25	1, 953	1, 970	1, 829	* 1, 709		22, 63

5.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent, placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de d'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.			VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.					millimètres
I.	l	1	46					46
II.	$\frac{1}{2} l$	2	32	1,910			2,018	32,53
III.	$\frac{1}{3} l$	3	27	2,062	*2,387			26,56
IV.	$\frac{1}{4} l$	4	23	2,000	2,099	*1,794		23

6.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent, placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.				VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.						millimètres
I.	l	1	47						47
II.	$\frac{1}{2} l$	2	33	1, 960					33, 23
III.	$\frac{1}{3} l$	3	27	1, 987	2, 021			2, 012	27, 14
IV.	$\frac{1}{4} l$	4	23, 5	2, 000	2, 042	2, 072			23, 50
V.	$\frac{1}{5} l$	5	21	1, 998	2, 027	2, 033	1, 984		21, 02

7.e SUITE.

Expériences faites avec un grand barreau aimanté (1) placé horizontalement dans la méridienne de l'aiguille.

ORDRE des expériences.	BRAS de lèvier pour chaque expérience.	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.				VALEUR moyenne de n.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
I.	l	1	millim. 146						millim. 146
II.	$\frac{1}{2} l$	2	103,5	2,015					103,24
III.	$\frac{1}{3} l$	3	84	1,987	1,942			1,982	84,29
IV.	$\frac{1}{4} l$	4	72,5	1,980	1,947	1,954			73
V.	$\frac{1}{5} l$	5	65	1,989	1,970	1,992	2,043		65,29

(1) Voyez ses dimensions données au num. 12.

8.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent, placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience.	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.			VALEUR moyenne de n.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.					millim.
I.	$\frac{1}{2}l$	2	125					125
II.	$\frac{1}{3}l$	3	103	2,095			2,000	102,10
III.	$\frac{1}{4}l$	4	88	1,975	1,828			88,40
IV.	$\frac{1}{6}l$	6	74	2,007	2,096	*2,340		72,20

9.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent, placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience.	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.			VALEUR moyenne de n.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
I.	$\frac{2}{3} l$	1, 5	millim. 190					millim. 190
II.	$\frac{1}{2} l$	2	164	1,955			1,989	164, 5
III.	$\frac{1}{3} l$	3	134	1,985	2,007			134, 4
IV.	$\frac{1}{4} l$	4	116	1,988	2,002	1,994	—	116, 4

10.e SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience.	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.				VALEUR moyenne de n.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.						millim.
I.	l	1	250						250
II.	$\frac{2}{3}l$	1,5	206	2,094					204
III.	$\frac{1}{3}l$	3	149	2,123	2,140			2,066	144
IV.	$\frac{1}{4}l$	4	127	2,047	2,028	1,801			125
V.	$\frac{1}{5}l$	5	117	2,120	2,128	2,113	* 2,721		112

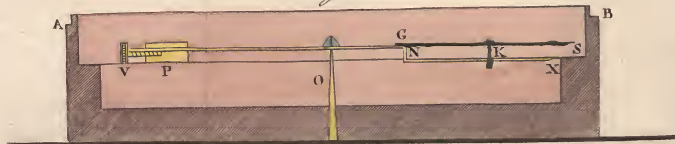
IIe SUITE.

Expériences faites avec le barreau précédent, placé de la même manière.

ORDRE des expériences.	BRAS de levier pour chaque expérience	FORCES comparatives, en prenant pour unité celle qui a l pour bras de levier.	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille, données par l'expérience.	VALEURS de l'exposant n en comparant deux à deux les expériences de cette suite.				VALEUR moyenne de n	DISTANCES du pôle nord du barreau au pôle sud de l'aiguille qu'on a en faisant $n = 2$, et en supposant exacte la distance de ces deux pôles dans la première expérience.
			millim.						millimètres.
I.	l	1	280						280
II.	$\frac{2}{3}l$	1, 5	231	2, 107					229
III.	$\frac{1}{2}l$	2	200	2, 060	1, 996			2, 033	198
IV.	$\frac{1}{4}l$	4	140	2, 000	1, 959	1, 943			140
V.	$\frac{1}{6}l$	6	118	2, 073	2, 064	2, 082	*2, 372		114

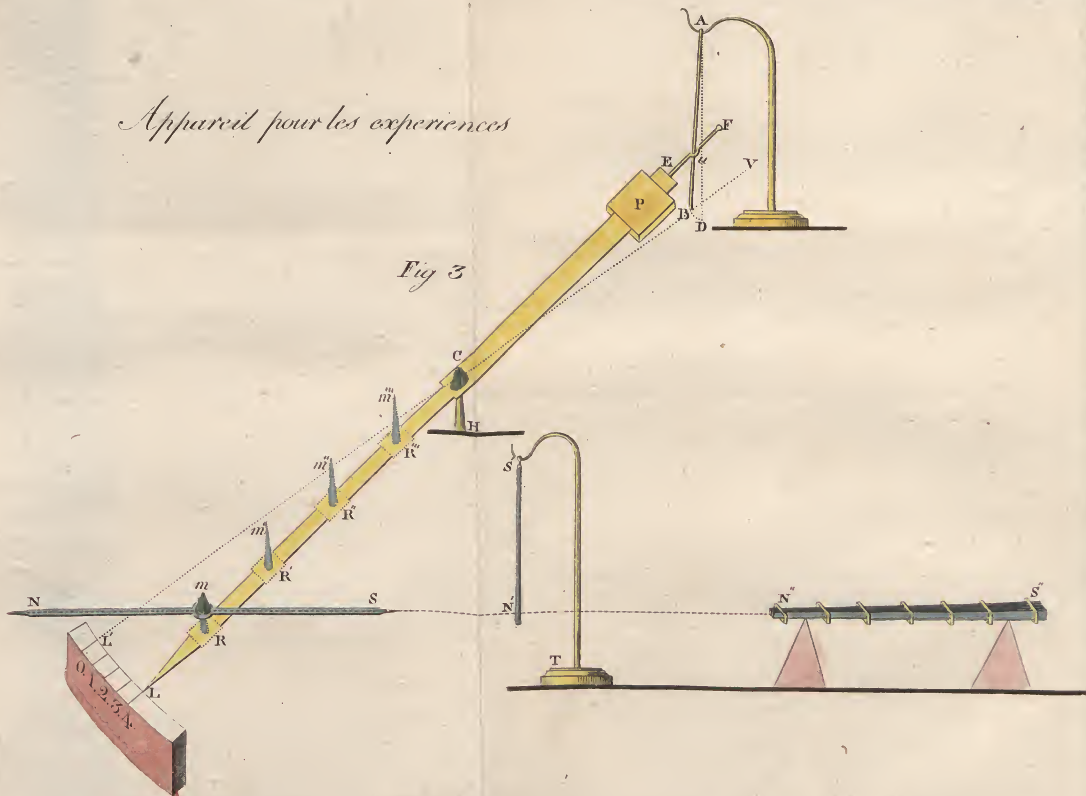
Coupe sur la ligne QT

Fig. 2.



Plan de la Boussole

Fig. 1


Appareil pour les experiences
Fig 3
A
F
E
u
V
P
B
D
C
H
m'''
R'''
m''
R''
m'
R'
m
N
S
R
L
L
0.1.2.3.4.
S'
N'
T
N''
S''

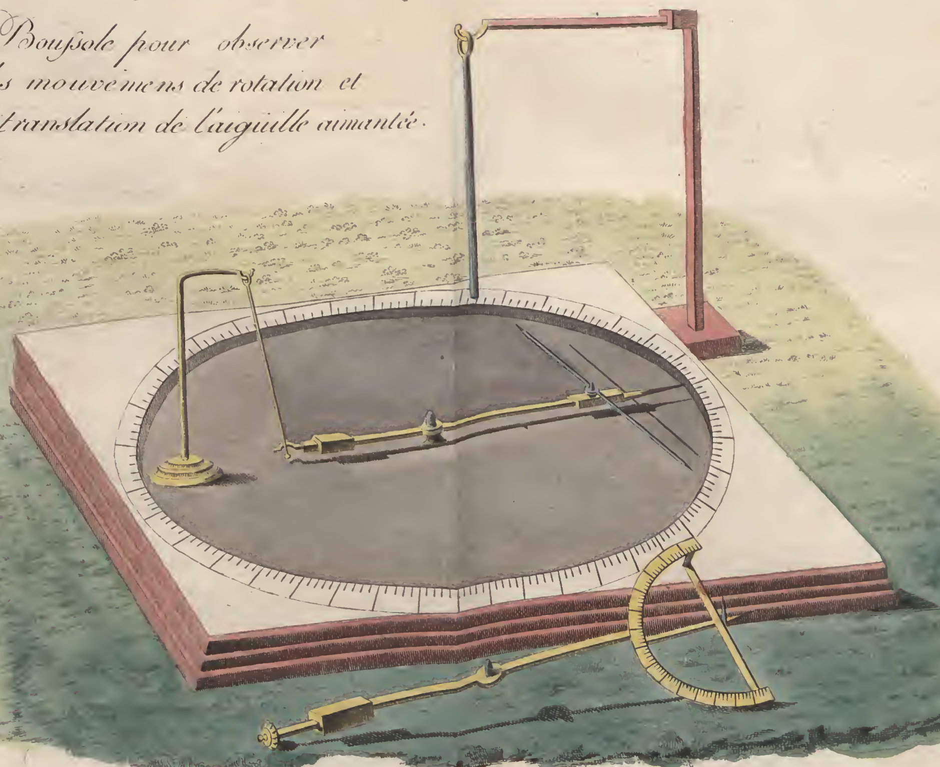


Fig. 4

Boussole pour observer les mouvemens de rotation et de translation de l'aiguille aimantée.

